Пролетары ўсіх краін, злучайцеся!

ПРАЦЫ БЕЛАРУСКАГА НАВУКОВА-ДАСЬЛЕДЧАГА ІНСТЫТУТУ СЕЛЬСКАЕ і ЛЯСНОЕ ГАСПАДАРКІ імя У. І. ЛЕНІНА пры СНК БССР

Т. XXV ■ АДДЗЕЛ МЭЛІОРАЦЫІ і КУЛЬТУРЫ БАЛОТ ■ Вып. 2.

Інж.-агр. А. І. ІВІЦКІ

ФОРМУЛЫ ДЛЯ ЎДАСКАНАЛЕНЬНЯ ВУРОЧНЫХ НОРМ НА ЗЕМЛЯНЫЯ ПРАЦЫ

пад рэдакцыяй акадэміка А. Д. ДУБАХА

ТРУДЫ БЕЛОРУССКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА СЕЛЬСКОГО и ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА имени В. И. ЛЕНИНА при СНК БССР

А. И. Ивицкий

ФОРМУЛЫ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ УРОЧНЫХ НОРМ НА ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

ARBEITEN des WEISSRUSSISCHEN INSTITUT FÜR WISSENSCHAFTS FORSCHUNG W. I. LENIN

A. I. Iwitzky

FORMELN ZUR ERHÖHUNG der GENAUIGKEIT bei BERECHNUNG NORMIERTEN ERDARBEITLEISTUNGEN

МЕНСК—MINSK
1930

Пролетары ўсіх краін, злучайцеся!

ПРАЦЫ БЕЛАРУСКАГА НАВУКОВА-ДАСЬЛЕДЧАГА ІНСТЫТУТУ СЕЛЬСКАЕ і ЛЯСНОЕ ГАСПАДАРКІ імя Ў. І. ЛЕНІНА пры СНК БССР

Т. XXV ▪ АДДЗЕЛ МЭЛІОРАЦЫІ і КУЛЬТУРЫ БАЛОТ ▪ Вып. 2.

Інж.-агр. А. І. ІВІЦКІ

ФОРМУЛЫ ДЛЯ ЎДАСКАНАЛЕНЬНЯ ВУРОЧНЫХ НОРМ НА ЗЕМЛЯНЫЯ ПРАЦЫ

пад рэдакцыяй акадэміка А. Д. ДУБАХА

ТРУДЫ БЕЛОРУССКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА СЕЛЬСКОГО и ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА имени В. И. ЛЕНИНА при СНК БССР

А. И. Ивицкий

ФОРМУЛЫ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ УРОЧНЫХ НОРМ НА ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

ARBEITEN des WEISSRUSSISCHEN INSTITUT FÜR WISSENSCHAFTS FORSCHUNG W. I. LENIN

A. I. Iwitzky

FORMELN ZUR ERHÖHUNG der GENAUIGKEIT bei BERECHNUNG NORMIERTEN ERDARBEITLEISTUNGEN

МЕНСК – MINSK
1930

Заказ № 357. У ліку 1.000 экз. (2¾ арк.). Галоўлітбел № 1995.

Друкарня Беларускага Дзяржаўнага Выдавецтва.

УСТУП.

Працу па вытварэньню земляных вынятак або наспаў лапатай магчыма падзяліць на дзьве апэрацыі:

1) вырэзваньне кускоў глебы і

2) выкідваньне.

Норма працсілы на выкідваньне адзінкі аб'ёму глебы залежыць ад паземнай адлегласьці l і старчаковай h (гл. рыс. 1) і ад удзельнае вагі глебы. У сваю чаргу l і h залежаць ад разьмераў вынятсі або наспы.

У існуючых Вурочных Нормах на земляныя працы да гэтага часу ня ўлічаны дакладна ўплыў разьмераў вынятсі або наспы на норму працсілы для другой апэрацыі.

У дадзенай працы я спрабую разьвязаць гэта матэматычна.

На некаторыя, паўстаўшыя пры выконваньні працы, пытаньні мне ласкава даваў адказ акадэмік Аляксандр Давыдавіч Дубах.

Лічу за вялікую прыемнасьць магчымасьць выразіць яму тут шчырую падзяку.

Аўтар.

1. Адкідваньне глебы на паземную і старчаковую адлегласьці.

Найбольшая адлегласьць адкідваньня глебы грабарам толькі па паземным напрамку прынята ў „Сводзе Норм“ [1]) у 3 мт., альбо толькі па старчаковым напрамку (уверх 1,5 мт.).

Калі адкідваньне глебы вытвараецца аднадасова на паземную адлегласьць l і старчаковую h, то даецца наступная табліча для l ў залежнасьці ад h (гл. „Свод Норм“ стар. 51).

Табліца № 6.

l	h	l	h	l	h
0,00	1,50	1,50	1,25	2,50	0,80
0,50	1,45	2,00	1,10	2,75	0,60
1,00	1,40	2,25	1,00	3,00	0,00

Калі камбінацыя l і h дакладна такая, як у табліцы № 6, то папраўчны каэфіцыэнт да нормы працсілы будзе адзінка. Які-ж папраўчны каэфіцыэнт да нормы працсілы ўзяць, калі стасунак l і h будзе інакшы, чым у табліцы № 6, напрыклад, $l = 2$ мт. $h = 1,45$ мт.?

Адказу ў „Сводзе Норм“ няма.

Далей, на стар. 83 „Свода Норм“ чытаем: „При откидывании только по одному горизонтальному направлению—1 мт. или только по вертикальному направлению на (высоту)—0,5 мт., вводить коэффициент 0,7. При откидывании только по горизонтальному направлению—2 м. или только по вертикальному направлению (на высоту)—1 мт. вводить коэффициент 0,8. В случае копания с откидкой по одному горизонтальному направлению 4 мт., или по одному вертикальному направлению (на высоту)—2 мт., вводить коэффи-

[1]) Свод Производственных Строительных Норм. Изд. Госплана СССР. 1928 г.

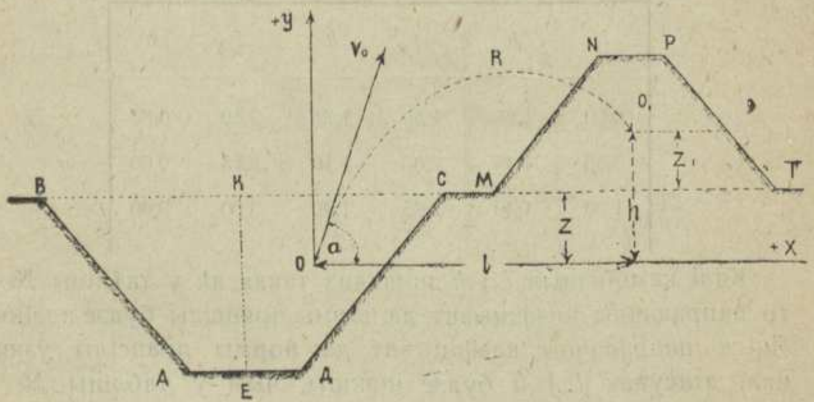
циент 1,2—1,25 для групп грунта 1—5 и коэффициент 1,25—1,30 для грунтов групп 6—10".

Які-ж паправачны каэфіцыэнт узяць, калі адкідваньне вытвараецца на адлегласьці, якія не паказаны на стар. 83 „Свода Норм", напрыклад, на паземную адлегласьць 0,5 м., 4,49 м., альбо толькі на старчаковую адлегласьць (у вышыню), напрыклад, 0,30 мт.; 1,30 мт.; 2,50 мт.? Адкажам на гэткія запытаньні тэарэтычна.

Мэханічная работа на выкідваньне глебы з канаў па формуле акадэміка А. Д. Дубаха [1]) тэарэтычна выяўляецца так:

$$A = \frac{F \cdot \gamma}{2} \cdot \frac{l^2}{l sn 2\alpha - 2h \cdot cs^2\alpha} \quad \ldots \ldots (1)$$

У гэтай формуле F—плошча $BCDA$ (гл. рыс. № 1); γ—вага адзінкі аб'ёму глебы; $Z + Z_1 = h$ = адлегласьці цэнтра цяжару



Рыс. 1.

плошчы $KCDE$ ад лініі KC + адлегласьць цэнтра цяжару плошчы $MNPT$ ад лініі MT. Для ўсякага трапэцыяльнага сячэньня h вылічаецца па формуле, якая выведзена ў мэханіцы:

$$h = \frac{H(a + 2b)}{3(a + b)} + \frac{H_1(a_1 + 2b_1)}{3(a_1 + 2b_1)} \quad \ldots \ldots (2)$$

дзе H—глыбіня канавы; a—шырыня канавы па верху; b—шырыня канавы па дну; H_1—вышыня кавальера; a_1—шырыня кавальера па нізу; b_1—шырыня кавальера па верху.

[1]) А. Д. Дубах. „Пути к уточнению проектирования осушительных работ". Минск, 1927 г.

Для трапэцыяльнага сячэньня, у якога адзін з роўналежных бакоў трапэцыі простастаўны раўналежным, альбо ў якога абодва нераўналежныя бакі маюць аднолькавы кут нахілу, г. зн., для выпадку, які паказаны на рысунку 2, для вялічыні l даём наступную формулу:

$$l = \frac{a + 2mZ + 2a_1}{4} + S_1 \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

дзе m—заснаваньне пакатаў, S_1—шырыня бермы, Z—адлегласьць цэнтра цяжару плошчы $ABMN$ ад лініі AB і вылічаецца па формуле:

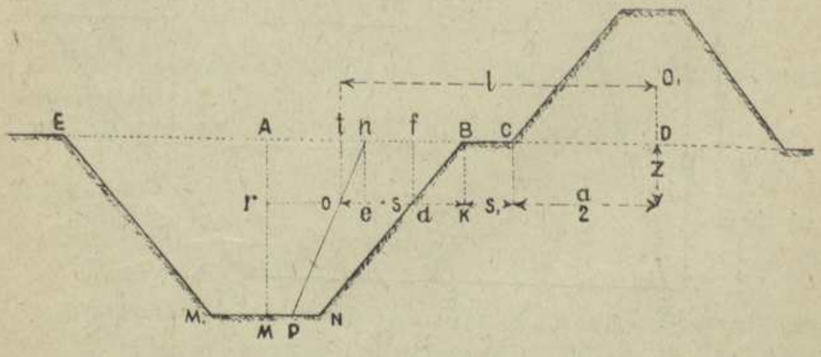
$$Z = \frac{H}{3} \cdot \frac{a + 2b}{a + b} \quad \ldots\ldots\ldots (3a)$$

Значэньне ўсіх апошніх літараў формулы (3) і (4) растлумачана вышэй.

Кут α—кут, пад якім выкідваецца глеба. Калі дапусьціць, што грабар кідае глебу пад такім кутом α, пры якім патрэбна мінімум работы на перакідваньне, то, узяўшы выводную ад выражэньня (I) па α, і, прыраўняўшы яе нулю, для вызначэньня α атрымаем раўнаньне:

$$-tg2\alpha = \frac{l}{h} \quad \ldots\ldots\ldots (k)$$

Формула (3-я) выводзіцца наступным чынам:



Рыс. 2.

Няхай O—цэнтр цяжару плошчы $ABNM$ і няхай $An = nB$; $Mp = pN$; $rk // AB$.

З рысунку маем:

$$l = tB + BC + CD = S + S_1 + \frac{a_1}{2} \text{ і } An = nB = \frac{a}{4},$$

дзе a — шырыня па верху трапэцыі BNM_1E;

$$S = tf + fB = od + Zm \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (a)$$

$$rd = Af = AB - fB = \frac{a}{2} - Zm \quad \ldots\ldots\ldots (b)$$

дзе m — заснаваньне пакатаў. Далей, $od = \frac{rd}{2}$ альбо, прымаючы пад увагу выражэньне (b):

$$od = \frac{rd}{2} = \frac{a}{4} - \frac{Zm}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (c)$$

Падстаўляючы значэньне od з (c) у (a), атрымаем:

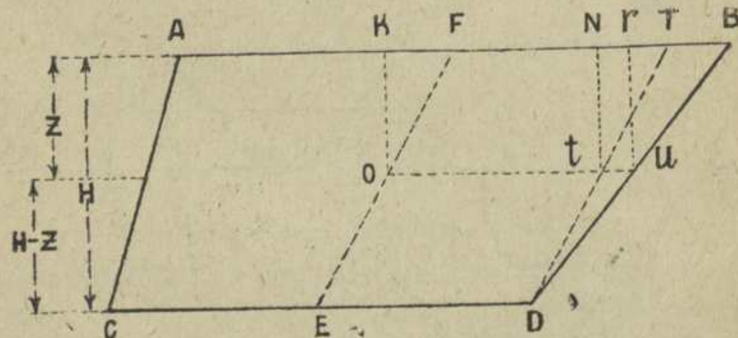
$$S = \frac{a}{4} - \frac{Zm}{2} + Zm.$$

Альбо:

$$S = \frac{a + 2Zm}{4} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4) \text{ і}$$

$$l = \frac{a + 2Zm + 2a_1}{4} + S_1 \ldots\ldots\ldots (3).$$

Калі адзін з нераўналежных бакоў трапэцыі не простастаўны роўналежным бакам альбо, калі абодва нераўналежныя бакі маюць розныя куты нахілу, то велічыня S выражаецца інакш і формула для S выводзіцца наступным чынам:



Рыс. 3.

няхай пункт O — цэнтр цяжару трапэцыі $ABDC$; AB — шырыня па верху $= a$; CD — шырыня па дну $= b$; $OK = Z$ = адлегласьці цэнтра цяжару ад AB. Разьдзелім CD і AB папалам кропкамі F і E. Злучым пункт E з F. Лінія EF абавязкова пройдзе праз цэнтр цяжару, праз пункт O. Правядзём

$$DT \| EF \text{ і } ou \| AB.$$

З рысунку маем:

$$S = KB = ot + tu + rB \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (a).$$

Але

$$ot = ED = \frac{b}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (b).$$

Няхай заснаваньне пакатаў лініі DB будзе m. Тады:

$$\frac{rB}{ru} = \frac{rB}{Z} = m.$$

Адкуль:

$$rB = Zm \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (c).$$

Для вызначэньня адрэзка tu маем з падобнасьці трыкутнікаў DTB і Dtu:

$$\frac{TB}{tu} = \frac{H}{H - Z}$$

Але $TB = FB - FT$ альбо $TB = \frac{a-b}{2}$.

Значыцца,

$$\frac{\frac{a-b}{2}}{tu} = \frac{H}{H - Z}$$

Адкуль:

$$tu = \frac{(a-b)\ (H-Z)}{2H} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (d).$$

Падставіўшы значэньні ot, tu і rB у (a) з (b), (d) і (c), атрымаем:

$$S = \frac{b}{2} + Zm + \frac{(a-b)\,(H-Z)}{2H}$$

альбо:

$$S = \frac{a}{2} + Zm - \frac{(a-b)\ Z}{2H} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Формула (1) зьмяшчае трыганамэтрычныя велічыні, што робіць вельмі марудным вылічэньне па ёй і галоўнае зьмяншае яе гібкасьць. Пераробім яе.

Вядома, што $snx = \frac{tgx}{\pm\sqrt{1 + tg^2x}}$; $cs\,\frac{x}{2} = \pm\sqrt{\frac{1 + csx}{2}}$; $csx = \frac{1}{\pm\sqrt{1 + tg^2x}}$.

Няхай $x=2\alpha$; тады, падставіўшы ў вышэйнапісаныя роўнасьці 2α замест x, атрымаем:

$$sn2\alpha=\frac{tg2\alpha}{\pm\sqrt{1+tg^2 2\alpha}} \quad \ldots\ldots\ldots (a).$$

$$cs\alpha=\pm\sqrt{\frac{1+cs2\alpha}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots (b).$$

$$cs2\alpha=\frac{1}{\pm\sqrt{1+tg^2 2\alpha}} \quad \ldots\ldots\ldots (c).$$

З (b) маем:

$$cs^2\alpha=\frac{1+cs2\alpha}{2}=\frac{1}{2}+\frac{cs2\alpha}{2}.$$

Падставім сюды значэньне $cs2\alpha$ з (c).

Тады:

$$cs^2\alpha=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\pm\sqrt{1+tg^2 2\alpha}}\right)=\frac{1}{2}\pm\frac{1}{2\sqrt{1+tg^2 2\alpha}}.$$

Адкуль:

$$cs^2\alpha=\frac{\sqrt{1+tg^2 2\alpha}\pm 1}{2\sqrt{1+tg^2 2\alpha}} \quad \ldots\ldots\ldots (d).$$

З раўнаньня (k) (гл. стар. 7) заключаем, што знакі ў лічніку і назоўніку выражэньня (a) і ў назоўніку выражэньня (c) неабходна ўзяць мінусы. Тады выражэньні (a) і (d) прымуць від для нашага прыватнага выпадку:

$$sn2\alpha=\frac{tg2\alpha}{\sqrt{1+tg^2 2\alpha}} \quad \ldots\ldots\ldots (A).$$

$$cs^2\alpha=\frac{\sqrt{1+tg^2 2\alpha}-1}{2\sqrt{1+tg^2 2\alpha}} \quad \ldots\ldots\ldots (B).$$

Падстаўляем значэньне $-tg^2\alpha$ з (k) у (A) і (B).

$$sn2\alpha=\frac{\frac{l}{h}}{\sqrt{1+\frac{l^2}{h^2}}}=\frac{l}{\sqrt{h^2+l^2}}$$

$$cs^2\alpha=\frac{\sqrt{1+\frac{l^2}{h^2}}-1}{2\sqrt{1+\frac{l^2}{h^2}}}=\frac{\sqrt{h^2+l^2}-h}{2\sqrt{h^2+l^2}}.$$

Цяпер падстаўляем значэньні $sn2\alpha$ і $cs^2\alpha$ з атрыманых выражэньняў у формулу (1).

$$A = \frac{F\gamma}{2} \cdot \frac{l^2}{l\dfrac{l}{\sqrt{l^2+h^2}} - \dfrac{2h(\sqrt{l^2+h^2}-h)}{2\sqrt{l^2+h^2}}}$$

альбо:

$$A = \frac{F\gamma}{2} \cdot \frac{l^2}{\dfrac{l^2 - h(\sqrt{l^2+h^2}-h)}{\sqrt{l^2+h^2}}}$$

Адкуль:

$$A = \frac{F\gamma}{2} \cdot \frac{l^2}{l^2+h^2-h\sqrt{l^2+h^2}} \quad \ldots \ldots (C).$$

Такім чынам, формула (1) перароблена ў формулу (C), у якой адсутнічаюць трыганамэтрычныя велічыні.

Вядзём ператварэньне далей. Дзелім лічнік і назоўнік правай часткі выражэньня (C) на $\sqrt{l^2+h^2}$.

$$A = F\gamma \frac{l^2}{2\sqrt{l^2+h^2}-2h}.$$

Адкуль:

$$\frac{A}{l^2} = F\gamma\left(\frac{1}{2\sqrt{l^2+h^2}-2h}\right)$$

альбо:

$$\frac{l^2}{A} = \frac{2\sqrt{l^2+h^2}-2h}{F\gamma}.$$

альбо:

$$\frac{l^2}{A} + \frac{2h}{F\gamma} = \frac{2\sqrt{l^2+h^2}}{F\gamma}.$$

Пасьля ўзьвядзеньня абедзьвюх частак роўнасьці ў квадрат, прывядзеньня падобных членаў і скарачэньня на l^2 атрымоўваем:

$$\frac{l^2}{A^2} + \frac{4h}{AF\gamma} = \frac{4}{F^2\gamma^2}.$$

Разьвязваючы апошняе раўнаньне адносна A, канчаткова атрымоўваем простую формулу:

$$\boxed{A = F\gamma\left(\frac{\sqrt{l^2+h^2}+h}{2}\right)} \quad \ldots \ldots \ldots (6).$$

З рысунку (1) бачым, што $\sqrt{l^2+h^2}$ — замыкаючая крывой ORO', а h—праэкцыя гэтай замыкаючай на вось y.

Такім чынам, работа на перамяшчэньне цела раўна здабытку вагі цела на паўсумы замыкаючай крывой і праэкцыі замыкаючай на вось y.

З формулы (6) заключаем, што мэханічная работа на выкідваньне глебы вагой $F\gamma$ пры розных стасунках l і h будзе толькі тады аднолькавай, калі $\sqrt{l^2+h^2}+h=\text{constans}$.

Прымаем, што лік чалавека-гадзін, патрэбных на выкідваньне глебы, прапарцыянален мэханічнай рабоце на выкідваньне, вылічанай па формуле (6).

Па „Своду Норм“ прынята найбольшая паземная адлегласьць перакідваньня глебы грабарам у 3 *мт*, а папраўчны каэфіцыэнт да нормы працсілы пры гэтай адлегласьці лічыцца адзінка.

Мэханічная праца на перакідваньне глебы вагой $F\gamma$ на паземную адлегласьць 3 *мт* па формуле (6) пры $h=o$ будзе:

$$A_1=F\gamma\cdot\frac{3}{2}.$$

Калі для $A_1'=F\gamma\left(\frac{\sqrt{l^2+h^2}+h}{2}\right)$ прымем стасунак l і h такім, каб папраўчны каэфіцыэнт да A_1' быў роўным адзінцы, то $A_1=A_1'$ і $F\gamma\cdot\frac{3}{2}=F\gamma\left(\frac{\sqrt{l^2+h^2}+h}{2}\right)$.

Адкуль:

$$\sqrt{l^2+h^2}+h=3 \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (7).$$

Калі маем стасунак l_i і h_i такім, што $\sqrt{l^2+h^2}+h\neq 3$, то да нормы працсілы неабходна ўвадзіць папраўчны каэфіцыэнт

$$\beta=\frac{\sqrt{l_i^2+h_i^2}+h_i}{\sqrt{l^2+h^2}+h},$$

альбо, прымаючы пад увагу формулу (7):

$$\boxed{\beta=\frac{\sqrt{l_i^2+h_i^2}+h_i}{3}} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (8),$$

у формуле (8) лічым:

$$\sqrt{l_i^2+h_i^2}+h_i\leq 5{,}3\ мт. \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (9)$$

Пры чым лічба 5,3 *мт* намі атрымана, як сярэдняя, з вялікага ліку вопытаў і характарызуе такое значэньне l і h, вылічанае па формуле $\sqrt{l^2+h^2}+h$, пры якім магчыма яшчэ выкідваньне глебы лапатай ў адзін прыём.

Вопыты над вызначэньнем лічбы 5,3 *мт* вытвараліся намі на мэліарацыйных асушальных працах у 3-х акругах БССР і заключаліся ў замерваньні паземнай і старчаковай адлегласьці пры выкідваньні глебы грабарам лапатай у натуральных умовах.

У ніжэйпрыведзенай табліцы паказаны замераная паземная адлегласьць адкідваньня глебы лапатай l, старчаковая h, вага аднэй выкідкі і прыватныя значэньні $\sqrt{l^2+h^2}+h$ [1])

№ № па чарзе	l	h	$\sqrt{l^2+h^2}+h$	Лік назіраньняў	Вага выкідкі у kg	Глеба
	У мэтрах.					
1	3,1	1,1	4,39	1	9.3	Пясок сярэдняй буйнасьці.
2	3.6	1,1	4,87	1	7.8	
3	3,4	1,2	4,81	1	8.1	
4	2.7	1,2	4.16	1	8,3	
5	2.6	1,4	4,35	1	8.6	Торф.
6	4.7	1.5	6,43	1	6,6	
7	3,0	1,4	4,77	1	7,0	
8	4.2	1,8	6,37	1	5.73	Плывун.
9	4,1	2,0	6,56	1	6,01	
10	4,4	2,0	6,83	1	6,00	
11	3,75	1.25	5,20	1	7,10	Пясок сярэдняй буйнасьці.
12	3,70	1,30	5,22	1	7,18	
13	3,70	1,20	5.09	1	7.70	
14	4.40	1.1	5,63	1	5,89	
15	4.3	1,2	4,66	1	5.40	
16	4,1	1,35	5.67	1	6,26	
17	3.0	1,30	4.57	1	8,40	
18	3.3	1,30	4,85	1	7,14	
19	2,8	1.40	4,53	1	7,62	
20	3.0	1,17	4,39	1	7.60	
21	4.1	1,45	5.80	1	5,25	
22	4,3	1.58	6.16	1	6.84	
23	3,8	1,66	5,81	1	5,28	
24	3,7	1,84	5,97	1	5,04	
25	4,65	1,625	6,55	1	5,58	

[1]) У табліцы прыведзена толькі частка матар'ялу.

№№ па чарзе	l	h	$\sqrt{l^2+h^2}+h$	Лік назіраньняў	Вага выкідкі ў kg	Глеба
	У мэтрах					
26	3,10	1,73	5,28	1	9,13	Пясок сярэдняй буйнасьці
27	2,8	1,68	4,94	1	8,49	
28	4,6	1,84	6,79	1	9,30	
29	3,65	1,85	5.94	1	7,54	
30	4.0	1,79	6,17	1	6,25	
31	3,7	1,90	6.06	1	6,63	
32	4,7	1,76	6,78	1	7.04	
33	4,7	1,76	6,78	1	7.40	
34	4.1	1.83	6,32	1	7,90	
35	4,4	1,83	6.60	1	6.78	
36	4,9	2,08	7,40	1	6,44	
37	4,1	1,83	6.32	1	7,12	
38	4,2	1,87	6.47	1	7,06	
39	3,9	1,98	6,35	1	11,32	
40	4,8	2,13	7,38	1	7.48	
41	3,6	1,47	5,36	1	7,75	
42	2.9	1,41	3,63	1	7,38	
43	3,7	1,90	6,06	1	6.07	
44	3,7	1,91	6,07	1	5.56	
45	3,3	1,83	5,60	1	5,34	
46	3,2	1,93	5,68	1	5,61	
47	4.6	2,19	7,29	1	5.43	
48	4,1	1,94	6,48	1	6.25	
49	3,8	2,0	6,29	1	6,16	
50	3,2	1,68	5,29	1	6,00	
51	4,63	1,00	5,74	3	5,56	Торф.
52	4,00	1,62	5,94	2	5,45	
53	4,80	1,03	5,94	3	5,1	
54	4,25	1,41	5,88	2	6.05	
55	2,84	1,50	4,76	5	4,93	Пясок
56	2,93	1,80	5,24	6	4.91	
57	3,60	1,90	5,97	1	5.28	
58	3,15	0,80	4,06	8	8,14	
59	3,06	1,00	4,22	4	8,64	
60	3.00	1,20	4,43	1	7.94	

№ № па чарзе	l	h	$\sqrt{l^2+h^2}+h$	Лік назіраньняў	Вага выкідкі ў kg	Глеба
	У мэтрах					
61	3.85	1,10	5,10	1	6,06	Пясок
62	4.10	1.00	5.22	1	7,62	
63	3.00	1,30	4,57	1	7,36	
64	3.60	1,20	4,99	1	6,64	
65	3,45	1.20	4,85	2	6,39	
66	3,20	1,47	4,99	9	6,89	
67	3,19	1,65	5,24	7	6,98	
68	2,96	1,20	4,39	3	7,70	
69	3,15	1,10	4,44	2	11,01	
70	3,30	1,25	4,78	1	6,56	
71	3,15	1.35	4,78	2	8,72	
72	3.30	1,52	5,15	4	7,23	
73	3,49	1,00	4,63	9	8,20	
74	4,13	1,10	5,37	3	6,66	
75	4,30	1.40	5,92	2	7.54	
76	3,50	1,20	4,90	3	7,15	Плывун.
77	3.66	1.05	4,86	3	7,70	
78	4,88	0.80	5,75	12	6,37	Торф.
79	4,90	0,80	5,77	4	9,55	Глей.
80	5,42	0,80	6,28	4	5,90	
81	5,58	0.40	5,59	8	6,67	Глей.
82	5,33	0,80	6,18	6	7,36	
83	4,73	1,50	6,46	10	6,98	
84	2,37	0,70	3,17	4	4,50	
85	3,25	1,30	4,80	4	4,35	
86	3.20	0,30	3,51	2	5,70	Торф.
87	3,60	0,50	4,14	2	4,42	
88	4,25	0,70	5,01	4	3,34	
89	5,06	0,20	5,26	6	5,80	
90	5,45	0.40	5,86	2	6,25	
91	5,07	0,50	5,57	4	6,10	Глей.
92	4,30	0,50	4,83	4	4,30	
93	5,20	0,50	5,72	2	6,15	
94	5,00	1,00	6,10	4	7,66	
95	5,78	0,20	5,98	5	9,08	Торф

№ № па чарзе	l	h	$\sqrt{l^2+h^2}+h$	Лік назіраньняў	Вага выкідкі ў kg	Глеба
	У мэтрах					
96	5,00	0,50	5,52	3	7.87	Торф
97	5,30	0,20	5,50	3	7,96	Торф
98	4.66	0,50	5.19	3	5.65	Торф
99	5,75	0,20	5.95	2	8,60	Торф
100	5,55	0.50	6,07	4	7,63	Торф
101	5,85	1,00	6,93	2	6.45	Торф
102	4.95	0,15	5.10	2	7,20	Торф
103	4,60	0.50	5,12	4	5.78	Торф
104	5,75	0,80	6.60	2	3.30	Торф
105	4,60	1,20	5.95	2	4,57	Торф
106	4,00	0,40	4,42	2	8,48	Торф
107	3,40	0,20	3.61	1	6,84	Торф
108	6,26	0.22	6,48	3	7,65	Глей
109	7,30	0,45	7,76	2	5,96	Глей
110	5,40	0,65	6.09	3	4,66	Глей

Калі $\sqrt{l_i^2+h_i^2}+h_i > 5{,}3$ *мт*, то ўстанаўліваецца адна альбо некалькі перакідак і β вылічаецца па формуле:

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \ldots + \beta_n \quad \ldots\ldots (10),$$

дзе β_i — паправачны каэфіцыэнт да перакідкі i.

Прыклад:

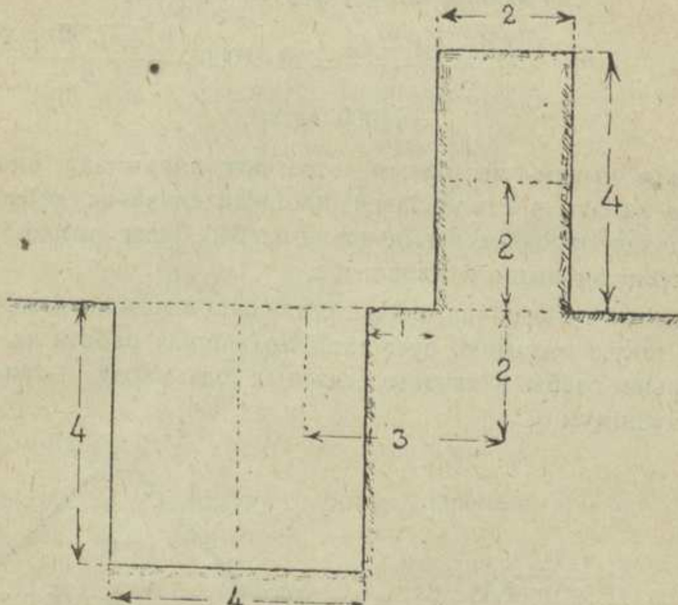
Выкідваньне глебы вытвараецца адначасова на вышыню $h = 1{,}45$ *мт* і паземную адлегласьць $l = 2$ *мт*. Вызначыць паправачны каэфіцыэнт β.

Пасьля падстаноўкі $l = 2$ *мт* і $h = 1{,}45$ *мт*. у няроўнасьць (9) знаходзім, што яна здавальняецца. Значыцца, выкідку магчыма вытварыць у адзін прыём і β вылічаем па формуле:

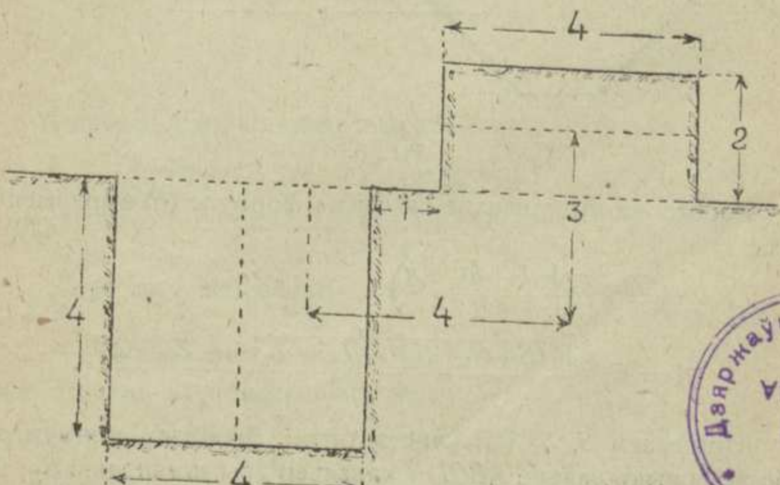
$$\beta = \frac{\sqrt{l^2+h^2}+h}{3} = \frac{\sqrt{2^2+1{,}45^2}+1{,}45}{3} = 1{,}306.$$

У формулу (2) уваходзіць велічыня H_1 — вышыня кавальера. З рысункаў (4) і (5) відаць, што для аднэй і той-жа канавы

пры аднэй і той-жа плошчы сячэньня кавальера і $\gamma = 1000\ kg$. мэханічная праца на выкідваньне глебы пры прарыцьці



Рыс. 4.



Рыс. 5.

аднаго пагоннага *мт* канавы ў першым выпадку будзе:

$$A_1 = F \cdot \gamma \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{l_1^2 + h_1^2} + h_1}{2} = 16 \cdot 1000 \cdot \frac{\sqrt{3^2 + 4^2} + 4}{2} =$$

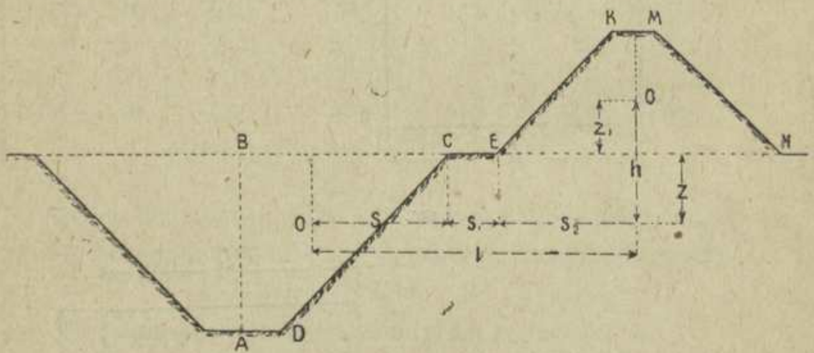
$$= 72000\ kg|mt,$$ а ў другім выпадку:

$$A_2 = F \cdot \gamma \cdot 1 \cdot \frac{\sqrt{l_2^2 + h_2^2} + h_2}{2} = 16 \cdot 1000 \cdot \frac{\sqrt{4^2 + 3^2} + 3}{2}) =$$

$$= 64000\ kg|mt.$$

Такім чынам, мы бачым, што для прарыцьця аднэй і той-жа канавы з аднолькавай плошчай сячэньня кавальеру мэханічная праца на выкідваньне глебы будзе розная ў залежнасьці ад вышыні кавальера.

Знойдзем мэханічна найвыгаднейшую вышыню кавальера, г. зн., такую вышыню, пры якой мэханічная работа на перакідваньне глебы з канавы дадзеных разьмераў у кавальер будзе мінімум [1]).



Рыс. 6.

Работа на выкідваньне глебы па формуле (6) выражаецца так:

$$A = F\gamma\left(\frac{\sqrt{l^2 + h^2} + h}{2}\right).$$ Альбо (гл. рыс. 6)

$$A = F\gamma\left[\frac{\sqrt{(S + S_1 + S_2)^2 + (Z + Z_1)^2} + Z + Z_1}{2}\right].$$

Прыймаем S, S_1 і Z канстантнымі. Знойдзем мінімум работы на выкідваньне $ABCD$ у кавальер пры зьмяненьні S_2 і Z_1.

[1]) Вывад формулы мэханічна найвыгаднейшага сячэньня канавы пры найвыгаднейшай вышыне кавальеру я тут не прыводжу за адхіленьнем ад тэмы.

Па формуле (3*a*), $Z_1 = \frac{H_1}{3}\left(\frac{a_1 + 2b_1}{a_1 + b_1}\right)$, але $a_1 = b_1 + 2mH_1$

$$\text{значыцца,}\quad Z_1 = \frac{3b_1H_1 + 2mH_1^2}{6b_1 + 6mH_1}.$$

З рысунку: $S_2 = \frac{b_1}{2} + mH_1$. Вядома, што $F_1 = b_1H_1 + mH_1^2$.

$$\text{Адгэтуль: } b_1 = \frac{F_1 - mH_1^2}{H_1}.$$

Падстаўляючы значэньне b_1 у выражэньні для Z_1 і S_2,

атрымаем $Z_1 = \frac{3F_1H_1 - mH_1^3}{6F}$ . . . . (*a*)

$$S_2 = \frac{F_1 + mH_1^2}{2H_1} \quad \dots\dots\dots\dots \quad (b)$$

Абазначым $S + S_1 = P$ . . . . (*P*)

Падставім у формулу работы значэньні Z_1, S_2 і $S_1 + S_1$ з (*a*), (*b*) і (*P*). Атрымаем:

$$A = F\gamma\left[\frac{\sqrt{\left(P + \frac{F_1 + mH_1^2}{2H_1}\right)^2 + \left(Z + \frac{3F_1H_1 - mH_1^3}{6F_1}\right)^2}}{2} + \frac{Z + \frac{3F_1H_1 - mH_1^3}{6F_1}}{2}\right]$$

Дыфэрэнцуем апошняе выражэньне па H_1

$$\frac{dA}{dH_1} = F\gamma\left\{\frac{B\left[\frac{2mH_1 \cdot 2H_1 - (F_1 + mH_1^2) \cdot 2}{4H_1^2}\right] + C\left(\frac{3F_1 - 3mH_1^2}{6F_1}\right)}{\sqrt{B^2 + C^2}} + \frac{3F_1 - 3mH_1^2}{6F_1}\right\}$$

дзе з мэтай кароткасьці абазначана:

$$B = P + \frac{F_1 + mH_1^2}{2H_1}$$

$$C = Z + \frac{3F_1H_1 - mH_1^3}{6F}$$

З выражэньня выводнай атрымоўваем:

$$\frac{B}{4H_1^4} - \frac{B}{4F_1^2} - \frac{C}{2F_1H^2} = 0. \quad \text{Адкуль:}$$

$$BF_1^2 - BH_1^4 - 2CF_1H_1^2 = 0.$$

Падставіўшы сюды значэньні B і C, і, зрабіўшы прывядзеньне падобных членаў, канчаткова атрымаем раўнаньне:

$$mH_1^6 + 6PH_1^5 + 9F_1H_1^4 + 12F_1ZH_1^3 - 3F_1^2mH_1^2 - 6PF_1^2H_1 - 3F_1^3 = 0 \quad (11)$$

П р ы к л а д. Выкідваньне глебы вытвараецца з канавы разьмерамі: глыбіня канавы $h = 1{,}25$ мт., шырыня па дну $b = 0{,}5$ мт., пакаты адзіночныя, шырыня бермы 1 мт. Знайсьці каэфіцыэнт β пры мэханічна найвыгаднейшай вышыні кавальера.

Разьвязваньне:

1) Вызначаем плошчу папярочнага сячэньня канавы па формуле:

$$F = \frac{a+b}{2} \cdot H = 2{,}187 \; мт^2.$$

2) Вызначаем плошчу папярочнага сячэньня кавальера па формуле:

$$F_1 = k \frac{F}{2}.$$

дзе k — каэфіцыэнт першапачатковага разрыхленьня глебы. Пры $k = 1{,}25$. $F = 1{,}367 \; мт^2$.

3. Вызначаем Z па формуле ($3a$):

$$Z = \frac{H}{3}\left(\frac{a+2b}{a+b}\right) = \frac{1{,}25}{3}\left(\frac{3+2\cdot 0{,}5}{3+0{,}5}\right) = 0{,}476 \; мт.$$

4) Вызначаем мэханічна найвыгаднейшую вышыню кавальера з раўнаньня (11). $H_1 = \backsim 1{,}02$ мт.

5) Вылічаем шырыню кавальера па вярху па формуле

$$b_1 = \frac{F_1 - mH_1^2}{H_1} = \frac{1{,}367 - 1{.}04}{1{,}02} = 0{,}11 \; мт.$$

6) Вылічаем шырыню кавальера па-нізу

$$a_1 = b_1 + 2mH_1 = 2{,}15 \; мт.$$

7) Вылічаем h па формуле (2)

$$h = \frac{H}{3}\left(\frac{a+2b}{a+b}\right) + \frac{H_1}{3}\left(\frac{a_1+2b_1}{a_1+b_1}\right) = 0{,}8327 \; мт.$$

8) Вылічаем l па формуле (3)

$$l = \frac{a + 2mZ + 2a_1}{4} + S_1 = 3{,}058 \text{ мт.}$$

9) Падстаўляем вылічаныя значэньні h і l у няроўнасьць (9). Пераконваемся, што яна здавальняецца.

10) Вылічаем паправачны каэфіцыэнт β па формуле (8):

$$\beta = \frac{\sqrt{l^2 + h^2} + h}{3} = 1{,}334.$$

Для велічыні k зьмяшчаем наступную таблічку[1]):

№ п/п.	Глеба		k.
1	Плывучы мелкі пясок		1,05
2	Пясок, граві		1,10 — 1,20
3	Супясок, суглінак, мяккая гліна		1,20 — 1,25
4	Мергель, расьлінная зямля, торф		1,25 — 1,30
5	Цьвёрдыя, шчыльныя гліны, цьвёрды мергель		1,25 — 1,35
6	Шчабеністыя і каменістыя глебы	мяккія	1,30 — 1,40
		цьвёрдыя	1,40 — 1,50

Дапасаваньне каэфіцыэнта β.

Працу па капаньню магчыма падзяліць на дзьве апэрацыі:

1) Вырэзваньне кавалкаў глебы і

2) выкідваньне[2]).

Калі абазначым агульны час у чалавека-гадзінах на разрабатваньне аднаго куб. мт. глебы праз T, час на першую опэрацыю праз t_1, і час на другую праз t_2, то, відавочна, што

$$T = t_1 + t_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

Каэфіцыэнт β мы ўводзім толькі для t_2[3]).

[1]) Табліца ўзята з кніжкі „Земляные работы" Г. Д. Дубелир и В. М. Толстопятов. ГИЗ. 1927 г.

[2]) Прамежную опэрацыю—падняцьце глыбы я паасобку ня ўлічваю, бо гэта зрабіла-б формулы складанымі пры невялічкай іх удасканаленасьці. Падняцьце глебы ўваходзіць у t_2.

[3]) Вопыты над удасканаленьнем t_1 вытвараюцца Аддзелам Мэліарацыі Беларускага Навукова-Дасьледчага Інстытуту імя Леніна і будуць апублікаваны ў адным з наступных выпускаў.

У „Сводзе Норм“ няма лічбаў для другой опэрацыі паасобна [1]), але t_1 можам знайсьці па рабочай апэрацыі 112—120 для глеб груп 1—4 непасрэдна і шляхам вылічэньня для груп 5—11.

T для груп 1—4 знаходзім непасрэдна па апэрацыі 112—124. Ведаючы t_1, і T, атрымоўваем:

$$t_2 = T - t_1$$

З прычыны таго, што каэфіцыэнт β адносіцца толькі да чыстага працоўнага часу t_2 і ў норму працсілы (гл. стар 82 „Свода Норм“) уключан адпачынак і рабдабаўка ў агульным разьмеры 35%, то каэфіцыэнт β трэба ўвадзіць не да t_2, а да

$$t^1{}_2 = t_2 - t_2 \frac{35}{100} = 0{,}65\ t_2.$$

Тады:

$$T = t_1 + 0{,}65\beta t_2 + 0{,}35 \cdot 0{,}65 t_2 \beta$$

дзе апошні складальнік уключаецца на адпачынак і рабдабаўку. З апошняга выражэньня атрымоўваем:

$$T = t_1 + 0{,}8775\beta t_2 \quad \ldots\ldots\ldots (13)$$

З формулы $\sqrt{l^2 + h^2} + h = 3$ пры h вядомым атрымоўваем па аслабаненьні ад радыкалу і прывядзеньні падобных членаў:

$$l = \sqrt{9 - 6h} \quad \ldots\ldots\ldots (14),$$

а пры l вядомым:

$$h = \frac{9 - l^2}{6} \quad \ldots\ldots\ldots (15).$$

Па формуле (14) знаходзім такое l пры заданым h, а па формуле (15) такое h пры заданым l, для якога $\beta = 1$. Такім чынам, формулы (14) і (15) даюць у агульным выпадку тое, што дае табліца №6 „Свода Норм“ для некалькіх прыватных выпадкаў. Калі адначасова даны l і h, то больш усяго $\beta \neq 1$. У гэтым выпадку вылічаем β па формуле (8) альбо (10) і ўводзім папраўкі па формуле (13).

Прыклад. Глеба групы $3a$ (па клясыфікацыі „Свода Норм“) выкідваецца з канавы разьмерамі: $b = 0{,}5$ мт., $h = 1{,}25$ мт., $m = 1:1$.

---

[1]) Адзначаем тут пажаданасьць мець нормы паасобку для t_1 і t_2.

Вызначыць каэфіцыэнт β і ўвесьці папраўку на t_2. Па правілах, якія выкладзены на старонцы 20, вылічаем для дадзеных разьмераў канавы l і h і, нарэшце, β па формуле:

$$\beta = \frac{\sqrt{l^2 + h^2} + h}{3} = 1{,}334$$

Для глебы групы 3*a* знаходзім у „Сводзе Норм" па рабочай опэрацыі 112—124—$^3/_1$ для меншае граніцы [1]) лічбу $0{,}74 = T$ нявыпр., а па рабочай апэрацыі 112—122—$^3/_1$ знаходзім лічбу $0{,}14 = t_1$. Цяпер вылічаем $t_2 = T - t_1 = 0{,}74 - 0{,}14 = 0{,}6$. Падстаўляючы цяпер значэньні t_1, t_2 і β у формулу (13), атрымоўваем:

$$T \text{ выпр.} = 0{,}14 + 0{,}8775.1{,}334 \cdot 0{,}6 = 0{,}842.$$

Паглядзім зараз на колькі адхіляюцца нашы тэарэтычныя развважаньні ад дадзеных „Свода Норм". У табліцы № 6 „Свода Норм" дадзены такія значэньні l і h, для якіх β мяркуецца роўным адзінцы, г. зн., l і h табліцы № 6 павінны здавальняць формулу:

$$\sqrt{l^2 + h^2} + h = 3 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (7)$$

Але, падстаўляючы ў левую частку формулы (7) l і h з табліц № 6, мы не заўсёды атрымоўваем у правай частцы лічбу 3, як гэта відаць з наступнай таблічкі:

h	l	$\sqrt{h^2 + l^2} + h$	$\sqrt{h^2 + l^2} + h - 3$
1.50	0,00	3.00	∓ 0,00
1,45	1.50	2,98	— 0,02
1,40	1.00	3,12	+ 0,12
1,25	1.50	3,30	+ 0.30
1,10	2.00	3.38	+ 0,38
1,00	2.25	3,46	+ 0,46
0,80	2,50	3,42	+ 0,42
0,60	2,75	3.41	+ 0,40
0,00	3.00	3,00	∓ 0,00

[1]) Лічбу для меншае граніцы бярэм для прыкладу: З такім-жа посьпехам мы можам браць лічбу большае граніцы, альбо заключную паміж большай і меншай граніцамі.

Дапускаючы h і l табліцы № 6 „Свода Норм“ абсалютна дакладнымі, вылічым дапушчальнае адхіленьне, выходзячы з тых градацый, па якіх дадзены h і l. Так, для $h = 1{,}4$ *мт* і $l = 1{,}0$ *мт*.

$$\triangle_{h_1} = h \text{ папяр.} - h \text{ дадз.} = 1{,}45 - 1{,}40 = 0{,}05 \text{ мт.}$$

$$\triangle_{l_1} = l \text{ дадз.} - l \text{ папяр.} = 1{,}00 - 50 = 0{,}50 \text{ мт.}$$

Магчымае адхіленьне:

$$\triangle_1 = \sqrt{\triangle_{h_1}^2 + \triangle_{l_1}^2} + \triangle_{h_1} = \sqrt{0{,}05^2 + 0{,}5^2} + 0{,}05 = 0{,}55 \text{ мт.}$$

$$\triangle_{h_2} = h\text{дазд.} - h\text{наст.} = 0{,}15 \text{ мт.}$$

$$\triangle_{l_2} = l\text{наст.} - l\text{дадз.} = 1{,}5 - 1{,}0 = 0{,}5 \text{ мт.}$$

$$\triangle_2 = \sqrt{\triangle_{h_2}^2 + \triangle l_2^2} + \triangle_{h_2} = 0{,}67 \text{ мт.}$$

Чакаемае адхіленьне:

$$\triangle = \frac{\triangle_1 + \triangle_2}{2} = \frac{0{,}55 + 0{,}67}{2} = 0{,}61 \text{ мт.,}$$

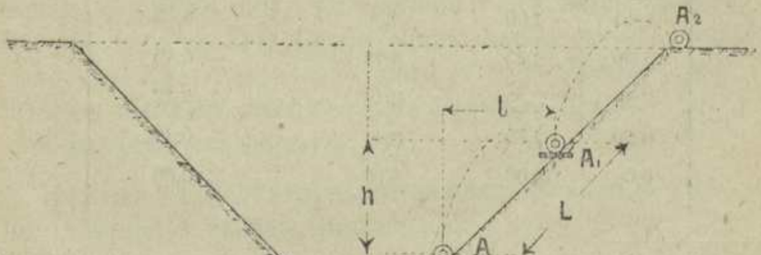
а па форме (7) атрымана 0,12. Для $h = 1{,}0$ *мт.* і $l = 2{,}25$ *мт.*, для якіх атрымана найбольшае адхіленьне,

$$\triangle = 0{,}369, \ \triangle_2 = 0{,}52 \text{ і } \triangle = \frac{\triangle_1 + \triangle_2}{2} = 0{,}445 \text{ мт.,}$$

а па формуле (7)—0,46, г. зн., што адхіленьне паміж тэарэтычнымі выкладкамі і дадзенымі табл. № 6 „Свода Норм“ вельмі невялічкія.

II. Перакідваньне глебы ўверх па пакату.

Калі глеба перакідваецца ўверх па пакату з A ў A_1, з A_1 ў A_2 (гл. рыс. 7), то ў „Сводзе Норм“ адлегласьць L, для



Рыс. 7.

якой паправачны каэфіцыэнт $\beta = 1$, даецца наступнай таблічкай:

Па строме пакатаў	1:1	1½:1	2:1	3:1
Найбольшая адлегласьць адкіданьня глебы ў мэтрах, замераная па пакату . .	2,20	2,60	2,75	2.85

Якое-ж павінна быць L пры пакатах $^5/_4:1$, $2\frac{1}{2}:1$, наогул, пры пакатах m?

З рысунку (7) маем:

$$L^2 = h^2 + l^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (a)$$

Альбо:

$$L^2 = h^2 + m^2h^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (b)$$

Па формуле:

$$\sqrt{l^2 + h^2} + h = 3$$

альбо, прымаючы пад увагу выражэньне (a),

$$L + h = 3 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (c)$$

Выключаючы з (b) і (c) h, атрымаем:

$$m^2L^2 - 6(1 + m^2)L + 9(1 + m^2) = O$$

Адкуль:

$$L = \frac{3(1 + m^2 - \sqrt{1 + m^2})}{m^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (16)$$

Якія-б ня былі пакаты, вылічаныя па формуле (16) L, будзе такое, што β будзе раўняцца адзінцы.

Калі L дадзена, то па формуле:

$$h = L\sqrt{\frac{1}{1 + m^2}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (17)$$

якая атрымоўваецца з выражэньня (b), вылічаем h, а потым па формуле:

$$l = \sqrt{L^2 - h^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (18)$$

вылічаем l. У залежнасьці ад вялічыні h і l устанаўліваем, альбо перакідку, альбо ўводзім каэфіцыэнт β па формулам, якія разгледжаны вышэй.

Прыклад. $L = 2{,}4$ *мт.*; $m = 1:1$. Знайсьці β.

1) Вылічаем h па формуле

$$h = L\sqrt{\frac{1}{1 + m^2}} = 2{,}4 \cdot \sqrt{\frac{1}{1 + 1}} = 1{,}7 \text{ мт.}$$

2) Вылічаем l па формуле[1])

$$l = \sqrt{L^2 - h^2} = \sqrt{2,4^2 - 1,7^2} = \backsim 1,7 \ \text{мт}.$$

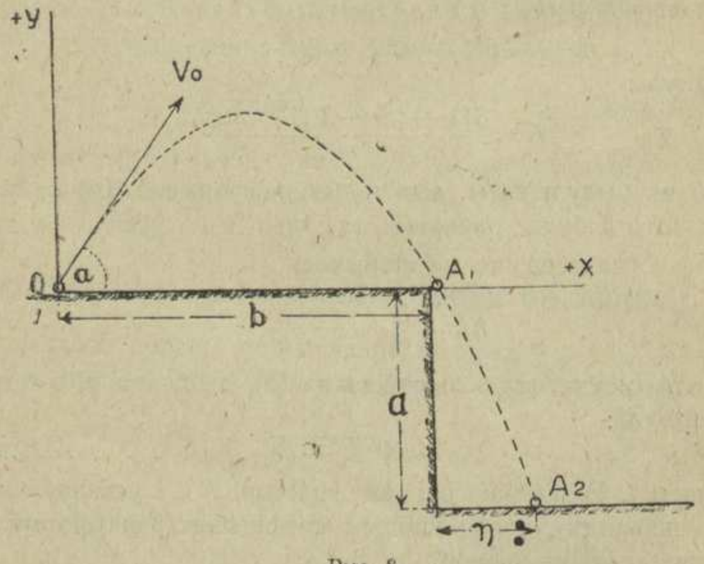
3) Вылічаем $\beta = \frac{\sqrt{l^2 + h^2} + h}{3} = \backsim 1,37.$

Адхіленьне вылічэньняў па формуле (16) ад дадзеных табліцы № 7 „Свода Норм“ наступнае:

Па строме пакатаў	1 : 1	$1^1/_2$: 1	2 : 1	3 : 1
Па табл. № 7 „Свода Норм“.	2,20	2,60	2,75	2,85
Па формуле (16) . .	1,76	1,93	2,08	2,13

III. Перакідваньне зьверху ўніз.

Калі перакідваньне глебы вытвараецца зьверху ўніз (гл. рыс. 8), то ў залежнасьці ад ўзвышэньня a, па табл.



Рыс. 8

„Свода Норм“ (ст. 52) для 6 выпадкаў даецца найбольшая адлегласьць D адкідваньня па паземнаму кірунку. У прак-

[1]) Для адзіночных пакатаў $l = h$ і вылічэньне l, калі і робіцца, то дзеля праверкі.

тыцы, бязумоўна, сустракаецца ня 6 выпадкаў стасунку D і a. Пагэтаму лепш D і a зьвязаць формулай. Няхай—цэла з пункту O, начала каардынат кінута пад кутам α да пазему з пачатковай хуткасьцю v_0. Няхай кропка A_1 ляжыць ад кропкі O на такой адлегласьці, што b—максымальная адлегласьць палёту пры дадзенай V. Няхай у кропкі A_1 маецца старчаковы абрыў вышынёй a. Відавочна, што цяпер, кінутае цела, не застановіцца ў кропцы A_1, а працягне свой пуць па парабале да кропкі A_2.

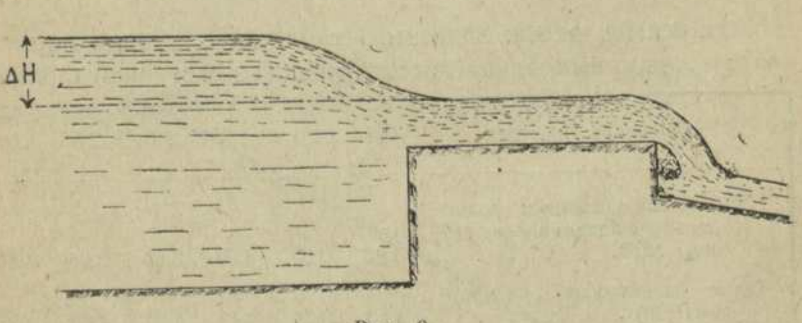
Прыймаем $b = 3$ *м.* = найбольшай адлегласьці адкідваньня глебы па паземнаму напрамку. Вызначым η. Калі пагрэбаваць супраціўленьнем паветру, то, кінутае пад кутам α да пазему, цела будзе падаць па парабале віда:

$$y = xtg\alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2cs^2\alpha}.$$

Калі прымем, што гарбар кідае глебу пад кутам $\alpha = 45°$, то апошняе раўнаньне прыме від:

$$y = x - \frac{gx^2}{v_0^2}.$$

Кут, пад якім грабар кідае глебу, бярэм у 45° таму, што пры куце 45° атрымоўваецца найбольшая адлегласьць палёту цела пры адной і той-жа сіле кіданьня, а, значыцца, захоўваецца прынцып ашчаднасьці энэргіі. Прынцып ашчаднасьці энэргіі распаўсюджваецца ня толькі на жывых рухавікоў,



Рыс. 9

але, наогул, на ўсякага рода рухі. Так, напрыклад, па пастулату Belanger розьніца ўзроўня (гл. рыс. 9) перад вадасьлівам і на вадасьліве ўстанаўліваецца такая, што колькасьць вады, якая пераліваецца праз вадасьліў, для дадзенага напору

раўна максымуму. Альбо, у агульным выпадку, па прынцыпу найменшага адхіленьня Гауса: „адбываецца толькі тое, што пры дадзеных умовах можа адбыцца, і пры тым самым простым спосабам, г. зн., з найменшым адхіленьнем ад слабоднага“.

Для кропкі A_1 (гл. рыс. 8):

$$y = o,\ x = b$$

Значыцца,

$$b = \frac{gb^2}{v_0^2}$$

Адкуль:

$$v_0^2 = gb \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (d)$$

Раўнаньне парабалы для пункта A_2 будзе:

$$-a = (b + \eta) - \frac{g(b + \eta)^2}{v_0^2}.$$

Альбо, падстаўляючы v_0 з (d), атрымаем

$$\eta^2 + b\eta - ab = o \quad \ldots\ldots\ldots (18a)$$

Адкуль:

$$\eta = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4ab}}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (19).$$

Паземная адлегласьць адкіданьня для дадзенага ўзвышэньня a будзе: $D = b + \eta$ альбо:

$$D = \frac{b + \sqrt{b^2 + 4ab}}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (20).$$

Адхіленьне паміж дадзенымі табл. № 8 „Свода норм“ і тэарэтычнымі выкладкамі высьвятляецца з наступнай таблічкі:

Узвышэньне ў мэтрах	0,5	1,0	1,5	2,0	2.5	3,0
Найбольшая паземная адлегласьць адкіданьня—па табліцы № 8.	3.35	3,65	3,80	3.90	3,95	4,00
Тая-ж адлегласьць — па формул (20)	3,44	3,79	4,1	4,37	4,62	4.85

Калі-б дадзеныя табл. № 8 былі нават абсалютна дакладнымі (чаго, бязумоўна, няма), то і тады-б належала даць перавагу формуле (20), бо яна дае альгебраічнае разьвязваньне пытаньня.

Калі адлегласьць D дадзена, то формула паправачнага каэфіцыэнта γ будзе:

$$\gamma = \frac{D - \gamma_1}{3} = \frac{D - \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4ab}}{2}}{3}$$

Адкуль:

$$\boxed{\gamma = \frac{2D + b - \sqrt{b^2 + 4ab}}{6}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (21).$$

Прыклад. Глебу трэба перакінуць лапатай на паземную адлегласьць $5m$ з узвышэньня $1m$. Знайсьці паправачны каэфіцыэнт γ.

Разьвязваньне.

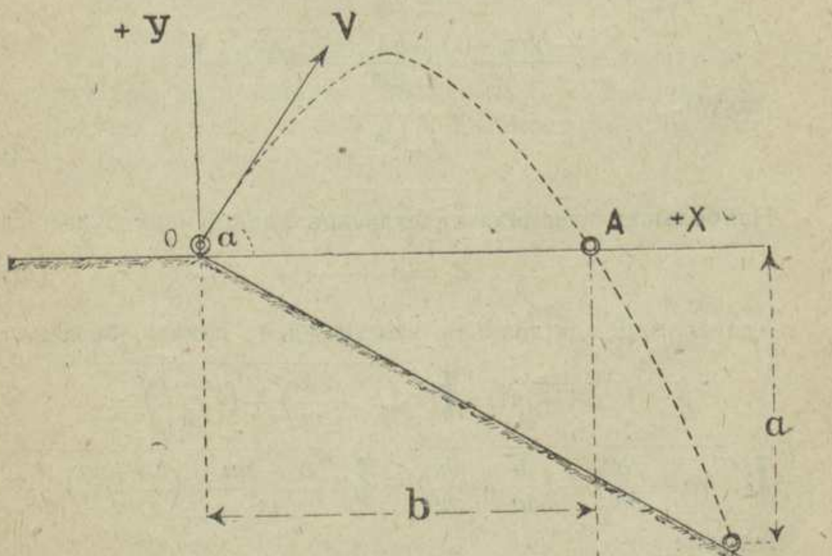
З умовы маем: $a = 1m$; $D = 5m$; $b = 3m$;

Па формуле (21):

$$\gamma = \frac{2 \cdot 5 + 3 - \sqrt{3^2 + 4 \cdot 1 \cdot 3}}{6} = \sim 1{,}4.$$

IV. Адкідваньне глебы зьверху ўніз па пакату.

Адлегласьць адкідваньня глебы зьверху ўніз па пакату ў „Сводзе Норм“ для 4-х выпадкаў дадзена ў табл. № 9 (ст. 52). Гэту табліцу магчыма з посьпехам замяніць формулай.



Рыс. 10.

Няхай цела (гл. рыс. 10) з кропкі O трэба перакінуць у кропку A_2. Няхай $b =$ найбольшаму палёту цела пры паземнай паверхні. У выпадкі паземнай паверхні, пад кутам α да якой вытварана кіданьне, цела застановіцца ў A_1, але з прычыны таго, што паверхня нахілена пад кутом φ да пазему, то яно застановіцца не ў A_1, а ў A_2. Найбольшая адлегласьць палёту будзе:

$$d = b + \lambda$$

(для прыватнага выпадку—выкідваньня глебы грабарам прыймаем $b = 3\ m$). Пры адкідваньні цела з O ў A_2 з боку чалавека ніякай сілы не траціцца на перакідваньне глебы на велічыню λ. Вызначым λ. З рысунку маем:

$$a = \frac{b + \lambda}{m},$$

дзе m — заснаваньне пакатаў.

Падставім значэньне a ў раўнаньне (18a) і, замяняючы ў ім α на η, атрымаем:

$$\lambda^2 + b\lambda - b \cdot \frac{b + \lambda}{m} = O$$

Адкуль:

$$\lambda = \frac{-b(m-1) + \sqrt{b^2(m-1)^2 + 4mb^2}}{2m} =$$

$$= \frac{-b(m-1) + b\sqrt{m^2 + 2m + 1}}{2m}$$

Адкуль:

$$\boxed{\lambda = \frac{b}{m}} \qquad (22)$$

Найбольшая паземная адлегласьць адкідваньня будзе:

$$d_0 = b + \frac{b}{m} \qquad (23)$$

Адлегласьць адкідваньня, замераная па пакату, будзе:

$$d = \sqrt{d_0^2 + a^2} = \sqrt{\left(b + \frac{b}{m}\right)^2 + \left(\frac{b + \lambda}{m}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\left(b + \frac{b}{m}\right)^2 + \left(\frac{b}{m} + \frac{b}{m^2}\right)^2} = \sqrt{\frac{b + bm}{m} + \left(\frac{b + bm}{m}\right)\frac{1}{m^2}}.$$

Адкуль:

$$\boxed{d = \left(\frac{b + bm}{m^2}\right)\sqrt{m^2 + 1}} \qquad (24)$$

Параўнаем лічбы табл. № 9 „Свода Норм“ з лічбамі, вылічанымі па формуле (24).

Па строме пакатаў	1 : 1	$1^1/_2$: 1	2 : 1	3 : 1
Адлегл. адкідв. глебы, замер. па пакату ў мэтр.—па таб. № 9 „Свода Норм“ . . .	6,65	4,75	4,35	3,90
Тая-ж адлегл. выліч. па формуле (24)	8,48	6,01	5,09	4,15

Прымаючы пад увагу, што формула (24) атрымана з формулы (22), вылічэньне, па якой дае малае адхіленьне ад дадзеных табл. № 8, вялікае адхіленьне вынікаў вылічэньня па формуле (24) ад табл. № 9 магчыма толькі тлумачыць тым, што апошняя складзена недакладна.

Калі d_o дадзена, то паправачны каэфіцыент δ вылічаем па формуле:

$$\delta = \frac{d_o - \lambda}{3}$$

Адкуль:

$$\delta = \frac{md_o - b}{3m} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (25)$$

Прыклад. Адкідваньне вытвараецца па пакату $m = 1{,}5$ зьверху ўніз на паземную адлегласьць 5 *м*. Вылічыць δ.

Дадзена $m = 1{,}5$, $d_o = 5$ *м*. b прыймаем роўным 3 *м*.

Па формуле (25):

$$\delta = \frac{1{,}5 \cdot 5 - 3}{3 \cdot 1{,}5} = 1.$$

Інж.-агр. *А. Івіцкі.*

Май. 1929 г.
Менск.

Резюме.

Работу по производству земляных выемок или насыпей вручную можно разделить на две операции:

1) вырезывание кусков грунта и

2) выбрасывание [1])

Если обозначим общее время в человеко-часах на разрабатывание единицы об'ёма грунта через T, время на вырезывание—через t_1 и время на выбрасывание через t_2, то, очевидно:

$$T = t_1 + t_2 \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (12)$$

Величина t_2 зависит от горизонтального расстояния откидывания l и вертикального h (см. черт. 1).

В свою очередь l и h зависят от размеров выемки или насыпи.

В существующих Урочных Нормах на земляные работы до сего времени не учтено точно влияния размеров выемки или насыпи на норму рабсилы t_2.

В настоящей работе я пытаюсь разрешить это математически для четырех различных случаев перебрасывания грунта лопатой [2]).

I. Откидывание на горизонтальное и вертикальное расстояния.

Член Белорусск. Академии Наук А. Д. Дубах [3]) дает следующую формулу для вычисления механической работы в килогр. метр. на выбрасывание грунта:

$$A = \frac{F\gamma l^2}{2} \cdot \frac{1}{l sn 2\alpha - 2h cs^2\alpha} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (1)$$

---

[1]) Промежуточную операцию—поднятие грунта я отдельно не учитываю, т. к. это усложнило-бы формулы при весьма небольшом их уточнении. Поднятие грунта входит в t_2.

[2]) Опыты над уточнением t_1 ведутся Отделом Мелиорации Белорусского Научно-Исследовательского Института им. Ленина и будут опубликованы в одном из следующих выпусков.

[3]) А. Д. Дубах—„Пути к уточнению проектирования осушительных работ". Минск. 1927 г.

где F площадь $ABCD$, γ—вес единицы об'ёма грунта, α—угол, под которым выкидывается грунт. Значение всех остальных букв явствует из чертежа 1, стр. 6. Если, применив принцип сбережения энергии, предположить, что землекоп бросает грунт под таким углом α, при котором потребно минумум работы на перекидывание, то, взяв производную от выражения (1) по α, приравняв ее к нулю, для определения α получим уравнение:

$$-tg2\alpha = \frac{l}{h} \quad \ldots\ldots\ldots (k)$$

Формула (1) содержит тригонометрические величины, что делает трудным вычисление по ней и, главное, уменьшает ее гибкость. Преобразуем её. Известно, что:

$$sn2\alpha = \frac{tg2\alpha}{\pm\sqrt{1+tg^2 2\alpha}} \quad \ldots\ldots\ldots (a)$$

$$cs\alpha = \pm\sqrt{\frac{1+cs2\alpha}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots (b)$$

$$cs2\alpha = \frac{1}{\pm\sqrt{1+tg^2 2\alpha}} \quad \ldots\ldots\ldots (c)$$

Из (b) имеем:

$$cs^2\alpha = \frac{1}{2} + \frac{cs2\alpha}{2}.$$

Подставим сюда значение $cs2\alpha$ из (c).
Тогда

$$cs^2\alpha = \frac{\sqrt{1+tg^2 2\alpha} \pm 1}{2\sqrt{1+tg^2 2\alpha}} \quad \ldots\ldots\ldots (d)$$

Из уравнения (k) заключаем, что знаки в числителе и знаменателе выражения (a) и в знаменателе выражения (c) следует взять минусы. Тогда (a) и (d) примут вид для нашего частного случая:

$$sn2\alpha = \frac{tg2\alpha}{\sqrt{1+tg^2 2\alpha}} \quad \ldots\ldots\ldots (A)$$

$$cs^2\alpha = \frac{\sqrt{1+tg^2 2\alpha} - 1}{2\sqrt{1+tg^2 2\alpha}} \quad \ldots\ldots\ldots (B)$$

Подставим значение $-tg2\alpha$ из (k) в (A) и (B).

$$sn2\alpha = \frac{l}{\sqrt{l^2+h^2}}$$

$$cs^2\alpha = \frac{\sqrt{l^2+h^2} - h}{2\sqrt{l^2+h^2}}$$

Полученные значения $sn2\alpha$ и $cs^2\alpha$ подставляем в формулу (1)

$$A = \frac{F\gamma l^2 \sqrt{l^2 + h^2}}{2(l^2 + h^2 - h\sqrt{l^2 + h^2})} \quad \ldots\ldots\ldots (C).$$

Освободив формулу (1) от тригоном. величин, ведем преобразование дальше. Делим числитель и знаменатель правой части (C) на $\sqrt{l^2 + h^2}$

$$A = F\gamma \cdot \frac{l^2}{2\sqrt{l^2 + h^2} - 2h}$$

Откуда:

$$\frac{l^2}{A} = \frac{2\sqrt{l^2 + h^2} - 2h}{F\gamma} \quad \text{или} \quad \frac{l^2}{A} + \frac{2h}{\gamma F} = \frac{2\sqrt{l^2 + h^2}}{F \cdot \gamma}$$

После возведения обоих частей равенства в квадрат, приведения подобных членов и сокращения на l^2 получаем:

$$\frac{l^2}{A^2} + \frac{4h}{AF\gamma} = \frac{4}{F^2\gamma^2}$$

Откуда:

$$A = F\gamma \cdot \frac{\sqrt{l^2 + h^2} + h}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (6).$$

Из чертежа (1) видим, что $\sqrt{l^2 + h^2}$ — замыкающая кривой ORO^1, а h — проэкция замыкающей на ось y. Таким образом, работа на перебрасывание тела равна произведению веса тела на полусумму замыкающей кривой и проэкции замыкающей на ось y.

Принимая во внимание, что нормы рабсилы в Урочном Положении даны для случая откидывания грунта лопатой на горизонтальное расстояние 3 *м.*, получаем формулу поправочного коэффициента β на откидку грунта при ином l и h

$$\beta = \frac{\sqrt{l^2 + h^2} + h}{3} \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

Откуда при $\beta = 1$: $\sqrt{l^2 + h^2} + h = 3 \quad \ldots\ldots\ldots (7)$

Так, например, если $l = 4$ *м.*, $h = 0{,}472$ *м.*, то β по формуле (8) будет равна 1,5, т. е., норма рабсилы на выбрасывание грунта изменилась в полтора раза.

В формуле (8) на основании опытов, поставленных нами в естественных условиях при выбрасывании грунта землекопом, считаем:

$$\sqrt{l^2 + h^2} + h \leqslant 5{,}3 \text{ м.}$$

Если $\sqrt{l^2+h^2}+h > 5{,}3$ *м.*, то устанавливается одна или несколько перекидок и

$$\beta=\beta_1+\beta_2+\ldots+\beta_n \qquad (10),$$

где βi — поправочный коэффициент для перекидки i.

Отклонения теоретических рассуждений приведено выше на стр. 23. Этими отклонениями $\triangle=(\sqrt{l^2+h^2}+h)-3$ мы имеем право пренебречь, т. к. они меньше, в большинстве своем, той точности, какая дается таблицей № 6 „Свод. Нор"[1]):

В формулах (6), (7), и (8) $h=Z+Z_1$ (см. чер. 1 стр. 6). По формуле механики

$$Z_i=\frac{H_i}{3}\cdot\frac{a_i+2b_i}{a_i+b_i} \qquad (3a)$$

$$h=\frac{H}{3}\cdot\frac{a+2b}{a+b}+\frac{H_1}{3}\cdot\frac{a_1+2b_1}{a_1+b_1} \qquad (2),$$

где H — глубина канала, a — ширина по верху, b — ширина по низу канала; H_1 — высота кавальера, a_1 — ширина по дну кавальера, b_1 — ширина по верху кавальера.

Из черт. 6 (стр. 18):

$l=S+S_1+S_2$, где S_1 — ширина бермы, S_2 — половина ширины кавальера по низу.

Для S даем формулу:

$$S=\frac{a+2mZ}{4} \qquad (4)$$

где m — заложение откоса. Тогда

$$l=\frac{a+2Zm+2a_1}{4}+S_1 \qquad (3)$$

В формуле (2) входит величина H_1 — высота кавальера. С черт. 4 и 5 (стр. 17) видно, что при одной и той же площади сечения канавы и кавальера, но при разной высоте кавальера, механическая работа на выкидывание грунта при прорытии одного погонного метра канавы

в первом случае будет:

$$A_1=F\cdot\gamma\cdot\frac{\sqrt{l_1^2+h_1^2}+h_1}{2}=16\cdot 1000\cdot\frac{\sqrt{3^2+4^2}+4}{2}=72000\ kg/mt.$$

а во втором

$$A_2=F\cdot\gamma\cdot\frac{\sqrt{l_2^2+h_2^2}+h_2}{2}=16\cdot 1000\cdot\frac{\sqrt{4^2+3^2}+3}{2}=64000\ kg/mt.$$

[1]) Свод Производственных Строительных Норм на земляные работы. Издание Госплана СССР 1928 г.

Для механически найвыгоднейшей высоты кавальера из формулы (6) получаем уравнение:

$$mH_1^6 + 6pH_1^5 + 9F_1H_1^4 + 12F_1ZH_1^3 - 3mF_1^2H_1^2 - 6pF_1^2H_1 - 3F_1^3 = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (11),$$

где F_1 = площадь поперечного сечения кавальера.

Значение всех остальных букв—выше. Пример. Выбрасывание грунта производится из канавы размерами:

$H = 1{,}25$ *м*, $b = 0{,}5$ *м*, $m = 1.$, $S = 1$. Найти β.

1) Определяем

$$F = 2{,}187 \text{ м}^2.$$

2) Определяем F_1 по формуле:

$$F_1 = k \cdot \frac{F}{2},$$

где k — коэффициент первоначального разрыхления грунта.

Значение k приведено на стр. 21.

При $k = 1{,}25$

$$F_1 = 1{,}367 \text{ м}^2.$$

3) Определяем Z по формуле (3*a*).

$$Z = 0{,}476 \text{ м}.$$

4) Определяем механически найвыгоднейшее H_1 по уравнению (11).

$$H_1 = \infty 1{,}02 \text{ м}.$$

5) Вычисляем b_1 по формуле:

$$b_1 = \frac{F_1 - mH_1^2}{H_1}.$$

6) Вычисляем

$$a_1 = b_1 + 2mH_1 = \infty 2{,}15 \text{ м}.$$

7) Вычисляем h по формуле (2).

$$h = 0{,}8327.$$

8) Вычисляем l по формуле (3).

$$l = 3{,}058 \text{ м}.$$

9) Вычисляем β по формуле (8).

$$\beta = 1{,}334.$$

Применение коэффициента β.

По формуле (12) имеем

$$T = t_1 + t_2.$$

В „Своде Норм“ нет цифр для операции t_2, для которой вводим β, отдельно*), но t_1 можно найти по рабочей опе-

*) Отмечаем здесь желательность иметь нормы отдельно для t_1 и t_2.

рации 112—122 для грунтов групп 1—4 непосредственно и путем вычислений для групп 5—11.

T для групп 1—4 находим непосредственно по операции 112—124.

Тогда $t_2 = T - t_1$.

Поправку вводим по формуле:

$$T = t_1 + 0{,}8775\beta t_2 \quad \text{. . . . . (13).}$$

II. Откидывание грунта вверх по откосу.

Пусть грунт откидывается по откосу из A в A_1, из A_1 в A_2 и т. д. Определим расстояние L, для которого $\beta = 1$.

Из чертежа 7 (стр. 24):

$$h^2 + l^2 = L^2 \quad \text{. . . . . }(a),$$

$$\text{или } L^2 = h^2 + m^2h^2 \quad \text{. . . . . }(b).$$

По формуле (7)

$$\sqrt{l^2 + h^2} + h = 3, \text{ или,}$$

принимая во внимание выражение (a)

$$L + h = 3 \quad \text{. . . . . }(c).$$

Из (a) и (c) получаем:

$$L = \frac{3(1 + m^2 - \sqrt{1 + m^2})}{m^2} \quad \text{. . . . . . (16),}$$

Если L дано, то по формуле

$$h = L\sqrt{\frac{1}{1 + m^2}} \quad \text{. . . . . (17),}$$

которая получается из (b), вычисляем h, а по формуле

$$l = \sqrt{L^2 - h^2}$$

вычисляем l. Вычислив h и l, определяем β по (8) или (10).

III. Откидывание сверху вниз.

Пусть тело из O, начала координат брошено под углом α к горизонту. Пусть b — максимальное расстояние полета (см. ч. 8, стр. 26). При наличии в точке A_1 обрыва высотой a тело, продолжив свой путь по параболе, остановится в A_2. При откидывании тела из O в A_2 со стороны двигателя не требуется никакой силы на откидывание тела на расстояние η. Определим η. По принципу сбережения энергии предполагаем, что землекоп бросает грунт под углом $\alpha = 45^\circ$.

Уравнение параболы для $\alpha = 45^\circ$:

$$y = x - \frac{gx^2}{v_0^2}.$$

При $x = b = maximum$,

$$v_0 = gb \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (d).$$

Уравнение параболы для точки A_2 будет:

$$-a = (b + \tau_1) - \frac{g(b + \tau_1)^2}{v_0^2}.$$

Подставив значение v_0 из (d), получим:

$$\tau_1^2 + b\tau_1 - ab = 0 \quad \ldots \ldots \ldots (18a).$$

Откуда:

$$\tau_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4ab}}{2} \quad \ldots \ldots (19).$$

Горизонтальное расстояние откидывания для данного возвышения a будет:

$$D = \frac{b + \sqrt{b^2 + 4ab}}{2} \quad \ldots \ldots (20).$$

Поправочный коэффициент γ к норме рабсилы будет:

$$\gamma = \frac{2D + b - \sqrt{b^2 + 4ab}}{6} \quad \ldots \ldots (21).$$

Расхождение между D, вычисленному по ф-ле (20), и практическими данными „Свода Норм“ видно из таблицы, помещенной выше на стр. 28.

IV. Откидывание сверху вниз по откосу.

Пусть тело из O, начала координат требуется перебросить в A_2.

Из чер. 10 (стр. 29):

$$a = \frac{b + \lambda}{m}.$$

Подставив значение a в уравнение (18a) и, заменив в нем τ_1 на λ, получим:

$$\lambda^2 + b\lambda - b\frac{b + \lambda}{m} = 0.$$

Откуда:

$$\lambda = \frac{b}{m} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (22).$$

Наибольшее горизонтальное расстояние откидывания будет

$$d_0 = b + \frac{b}{m} \quad \ldots \ldots \ldots (23).$$

Расстояние откидывания, измеренное по откосу

$$d = \left(\frac{b + bm}{m^2}\right)\sqrt{m^2 + 1} \quad \ldots \ldots \ldots (24).$$

Поправочный коэффициент δ выразится формулой:

$$\delta = \frac{md_0 - b}{3m} \quad \ldots \ldots \ldots (25).$$

Май 1929 г.
Минск.

Инж.-агр. *А. Ивицкий.*

Zusammenfassung.

Bei der Arbeit der durch menschliche Kraft auszuführenden Erdaufwürfe oder Ausschachtnngen kann man zwei Handgriffe unterscheiden:

1. Das Ausschneiden eines Stückes Erdgrundes.
2. Das Herauswerfen desselben.*)

Wen wir die allgemeine Zeit der auf das Bearbeiten einer Volumeneinheit des Erdgrundes verwandten Mensch-Stunden durch T ausdrücken , die Zeit, die nötig ist zum Ausschneiden durch t_1 und die Zeit zum Herauswerfen in t_2, so ist augenscheinlich

$$T = t_1 + t_2.$$

Die Grösse t_2 hängt von dem horizontalen Abstand des Abwerfens l und von dem vertikalen h ab (siehe Fig. 1 Seite 6). Seinerseits hängen l und h wieder von der Grösse der Ausschachtung oder der Aufwurfs ab.

In den bestehenden festgesetzten Normen für Erdarbeiten ist bis jetzt der Einfluss, welchen die Grösse der Ausschachtungen und der Aufwürfe auf die Arbeitsnorm ausübt, noch nicht genau berücksichtigt worden.

In der vorliegenden Arbeit versuche ich, diese Frage mathematisch für die vier verschiedenen Fälle der Bewegung des Erdgrundes mit Schaufel zu entscheiden.**)

I. Dass Abwerfen bei horizontalem und Vertikalem Abstand.

*A. D. Dubach****, Mitglied der Weissrussischen Akademie der Wissenschaften, gibt folgende Formel zum Berechnen mecha-

*) Die Zwischenoperation—Heben des Grundes—berechne ich nicht besondert, denn das hätte die Formeln bei sehr geringfügigem Gewinn an Genauigkeit nur verwickelt. Das Heben des Grundes ist in t_2 einbegriffen.

**) Versuche zweks genauerer Feststellung von t_1 werden vom Weisrussischen Leninschen Wissenschaftlichen Forschungsinstitut durchgeführt und in nächster Zeit veröffentlicht.

***) A. D. Dubach. Wege zu einer Erhöhung der Genauigkeit bei Proektierung von Entwässerungsarbeiten. Minsk, 1927.

nischer Arbeit in Kilogrammeter beim Herauswerfen des Erdgrundes an

$$A = \frac{F\gamma l^2}{2} \cdot \frac{1}{l sn 2\alpha - 2h cs^2\alpha} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (1),$$

wobei γ das Gewicht der Volumeneinheit des Grundes, F die Oberfläche ABCD und α den Winkel, unter welchem das Herauswerfen geschiet, bedeuten (siehe Fig. 1, Seite 6). α wird aus der Gleichung

$$-tg 2\alpha = \frac{l}{h} \quad \text{bestimmt.}$$

Die Formel (1) enthält trigonometrische Grössen, die ihre Anwendung schwierig machen und, was das Hauptsächlichste ist, diese Grössen vermindern ihre Biegsamkeit. Durch Eliminieren von $sn 2\alpha$ und $cs^2\alpha$ und durch weitere Umwandlung kann man die Formel (1) wie folgt verändern:

$$A = F\gamma \left(\frac{\sqrt{l^2 + h^2} + h}{2} \right) \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (2).$$

Die geometrische Bedeutung des in Klammer gefassten Multiplikators ist in Fig. 1 anschaulich zu sehen: $\sqrt{l^2 + h^2}$ ist die Schlusslinie der Kurve ORO', und h — die Projektion der Schlusslinie auf die Achse y.

Mit Berücksichtigung des Umstandes, dass die festgesetzten Normen der Arbeitskraft für den Fall einer Bewegung des Grundes bei horizontalem Abstand von 3 m gegeben sind, erhält man die Formel des Verbesserungskoeffizienten β für Abwerfen des Grundes bei beliebigen l und h:

$$\beta = \frac{\sqrt{l^2 + h^2} + h}{3} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (3)$$

Wenn $z \cdot B \cdot l = 4$m, $h = 0{,}472$m ist, so ist β nach Formel (3) 1,5, $d \cdot h$ die Norm der Arbeitskraft zum Herauswerfen des Grundes verändert sich 1,5 mal.

In der Formel (3) berechnen wir auf Grund der in natürlichen Bedingungen durchgeführten Versuche von Herauswerfen des Grundes durch den Erdarbeiter

$$\sqrt{l^2 + h^2} + h \leq 5{,}3 \text{ m}.$$

Wenn $\sqrt{l^2 + h^2} + h > 5{,}3$m ist, so berechnen wir β nach der Formel

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \ldots + \beta_n \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (4)$$

wo βi Verbesserungskoeffizient für das Abwerfen i ist.

Die Grösse h wird aus der mecanischen Formel bestimmt

$$h = \frac{H}{3}\left(\frac{a+2b}{a+b}\right) + \frac{H_1}{3}\left(\frac{a_1+2b_1}{a_1+b_1}\right) \quad . \; . \; . \; . \; (5)$$

wo H—die Tiefe des Kanales, a—die Breite der Oberfläche, b—die Bodenbreite des Kanales; H_1—die Höhe des Kavaliers; a_1—die untere Breite am Kavaler und b_1—die obere Breite am Kavalier bedeuten.

Aus Figure 6 (Seite 18) ist $l = S + S_1 + S_2$, wo S_1 Breite der Berme, S_2 die Hälfte der unteren Breite am Kavalier ist; für S geben wir die Formel

$$S = \frac{a+2Zm}{4} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (6),$$

wo m die Neigung von Böschung ist. Dann ist

$$l = \frac{a+2Zm+2a_1}{4} + S_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (7).$$

Die zum Herauswerfen des Grundes notwendige mechanische Arbeit wird beim Graben von ein und derselben Längeneinheit des Grabens je nach Höhe des Kavaliers verschieden sein.

Für die mechanisch vorteilhafteste Höhe des Kavaliers erhalten wir aus der Formel (2) die Gleichung

$$mH_1^6 + 6pH_1^5 + 9F_1H_1^4 + 12F_1ZH_1^3 - 3mF^2H_1^2 - \\ - 6pF_1^2H_1 - 3F_1^3 = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; (8),$$

wobei F—die Fläche des Querschnittes am Kavalier ist.

Die Bedeutung aller übrigen Zeichen siehe oben.

II. Abwerfen nach oben auf den Abhang.

Beim Abwerfen des Grundes auf den Abhang (siehe Fig. 7, Seite 24) aus A nach A_1, aus A_1 nach A_2 u. s. w. wird die Entfernung L, für welche $\beta = 1$, nach der Formel

$$L = \frac{3(1+m^2-\sqrt{1+m^2})}{m^2}$$

bestimmt . . . . (9)

Wenn L bekannt ist, so ist nach der Formel

$$h = L \cdot \sqrt{\frac{1}{1+m^2}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (10)$$

h, und nach der Formel $l = \sqrt{L^2 - h^2}$ . . . . (11)

ist l zu bestimmen. Nach Berechnung von h und l bestimmen wir β nach der Formel (3) oder (4).

III. Abwerfen von oben nach unten.

Beim Abwerfen des Körpers aus O nach A_2 (siehe Fig. 8, Seite 26) ist vonseiten des Erdarbeiters keine Kraft zum Abwerfen auf die Entferung η erforderlich.

Für η geben wir Formel

$$\eta = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4ab}}{2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (12),$$

wo b — die maximale Flugentfernung des Körpers bei horizontaler Fläche zu verstehen ist. Die horizontale Entfernung des Abwerfens für die gegebene Erhöhung wird daher

$$D = \frac{b + \sqrt{b^2 + 4ab}}{2}$$

sein . . . . (13)

Der Verbesserungskoeffizient γ zur Norm der Arbeitskraft wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$\gamma = \frac{2D + b - \sqrt{b^2 + 4ab}}{6} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (14)$$

IV. Abwerfen vom Abhange nach unten.

Dieser Fall ist dem vorhergehenden analog.

Die Grösse λ (siehe Fig. 10, Seite 29) wird nach der Formel

$$\lambda = \frac{b}{m} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (15)$$

berechnet, wo b — die maximale Flugentfernung des Körpers auf horizontaler Fläche, m — die Neigung von Böschung ist. Die horizontale Entfernung des Abwerfens d_0 lässt sich aus der Formel

$$d_0 = b + \frac{b}{m} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (16)$$

bestimmen.

Die Entfernung des Abwerfens, am Abhange gemessen, ist

$$d = \frac{b + bm}{m^2} \sqrt{1 + m^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; (17)$$

Der Verbesserungskoeffizient δ zur Norm der Arbeitskraft ist demnach

$$\delta = \frac{md_0 - b}{3m} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 18.$$

Mai 1929
Minsk.

Ingenieur-Agronom *A. Iwitzki.*

З Ь М Е С Т.